

EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT RK CHARITAS PALEMBANG

Meylinda Mulyati¹, JM Sri Narhadi²

¹ Jurusan Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang, Indonesia

² Jurusan Arsitektur, Sekolah Tinggi Teknik Musi, Palembang, Indonesia

ABSTRAK

Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemar bagi lingkungan yang dapat memberi dampak negatif berupa gangguan terhadap kesehatan, kehidupan biotik serta gangguan terhadap keindahan sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Rumah sakit RK Charitas mempunyai Instalasi Pengolahan Air limbah (IPAL) namun selama ini belum pernah dievaluasi. Baku Mutu Lingkungan (BML) Limbah Cair Rumah Sakit antara lain berupa BOD, COD, TSS, amoniak bebas, fosfat, dan total coli. Dari hasil analisis keluaran limbah cair RS RK Charitas Palembang ternyata limbah cair ini masih memiliki kadar amoniak (NH_3) dan fosfat (PO_4) yang masih tinggi yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan (BML) dan syarat BML yang lain berada pada ambang batas. Kadar PO_4 sebesar 2,134-2,213 mg/l yang melebihi BML sebesar 2 mg/l dan kadar NH_3 sebesar 0,174-0,186 yang melebihi BML sebesar 0,1 mg/l. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi instalasi IPAL Rumah sakit RK Charitas Palembang dari alur proses, waktu proses pengolahan, bahan pengolah air limbah, dan biaya pengolahan limbah cair dan memberikan solusi penyelesaian berupa redesain IPAL dan membuat miniatur IPAL usulan yang akan disimulasikan. Diharapkan usulan redesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit RK Charitas akan menghasilkan kualitas limbah cair yang memenuhi syarat baku mutu lingkungan rumah sakit.

Kata Kunci: Rumah sakit, Limbah cair, IPAL.

ABSTRACT

Hospital wastewater is one of the pollution sources to the environment that can cause negative impact on human health and disruption into biotic life. Hospital wastewater must be treated before it discharged into the environment. RK Charitas Hospital Wastewater Treatment Plant (WWTP) has not been evaluated. Environmental Quality Standards (EQS) of wastewater hospital consists of BOD, COD, TSS, ammonia, phosphate, and total coliform. The analysis results of RK Charitas Hospital Palembang's wastewater showed that the wastewater still have high level of ammonia (NH_3) and phosphate (PO_4) that do not sufficient to the environmental quality standards and other terms are at the threshold. Phosphate (PO_4) level is 2.134 to 2.213 mg/l which exceeded the environmental quality standards is 2 mg/l and ammonia (NH_3) level is 0.174 to 0.186 that exceeded the environmental quality standards is 0.1 mg/l. This research was conducted to evaluate the process, processing time, material, and costs of WWTP at RK Charitas Hospital Palembang and provide a solution for redesign a miniature WWTP that will be simulated. It is expected that the proposed redesign Wastewater Treatment Plant (WWTP) in RK Charitas Hospital will produce eligible effluent of hospital waste water towards environment quality standards.

Keywords: Hospital, Wastewater, WWTP.

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan salah satu sarana pelayanan kesehatan dengan bidang preventif (pencegahan), kuratif (pengobatan), rehabilitatif maupun promotif sebagai upaya untuk

memelihara dan meningkatkan kesehatan masyarakat (Djaja, 2006). Produk samping yang dihasilkan dari semua kegiatan yang ada di rumah sakit adalah limbah. Salah satu limbah yang dihasilkan oleh sebuah rumah sakit adalah limbah

cair. Berdasarkan kandungan polutan, limbah cair rumah sakit dapat digolongkan dalam air limbah klinis dan air limbah non klinis (Arifin, 2008). Jika tidak diolah dengan baik maka limbah tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan perairan maupun air tanah yang selanjutnya berdampak pada kesehatan masyarakat.

Rumah Sakit (RS) RK Charitas Palembang adalah salah satu rumah sakit yang ada di kota Palembang. RS RK Charitas Palembang ini menyediakan fasilitas dengan peralatan lengkap dan tenaga medis profesional. Dalam melayani kesehatan masyarakat, RS RK Charitas selalu menghasilkan limbah cair. Limbah cair RS RK Charitas berasal dari kamar mandi, kamar cuci, dapur, ruang perawatan, ruang poliklinik, ruang tindakan, ruang laboratorium, dan lain-lain yang mengandung bahan kimia (toksik), infeksius dan radioaktif.

Hasil pengolahan air limbah berupa air bersih dan parameter harus sesuai Baku Mutu Limbah Cair (BMLC). Selama ini hasil pengolahan limbah cair RS RK Charitas untuk kadar BOD₅ dan COD kadang-kadang melebihi ambang batas BMCL, terutama kadar NH₃ dan PO₄ yang tidak memenuhi BMCL. Sebagai data adalah sampel dari RS RK Charitas tanggal 28 September 2013 kadar PO₄ sebesar 2,134 mg/l yang melebihi BMCL sebesar 2 mg/l dan kadar NH₃ sebesar 0,174 yang melebihi BMCL sebesar 0,1 mg/l.

Dari hasil analisis kimia limbah cair rumah sakit menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi misalnya, BOD 31,52 - 675,33 mg/l, amoniak 10,79 - 158,73 mg/l, deterjen (MBAS) 1,66 - 9,79 mg/l. Hal ini mungkin disebabkan karena sumber air limbah juga bervariasi sehingga faktor waktu dan metode pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi (Widayat dan Said, 2005).

Limbah cair RS RK Charitas dilakukan dengan gabungan sistem pengolahan biologi dan kimia dengan alur proses yang panjang, waktu proses lama dan biaya pengolahan yang relatif mahal setiap bulannya (Noviratri, 2013). Dari Hasil Analisis keluaran limbah cair RS Rk

Charitas Palembang ternyata limbah cair masih memiliki kadar amoniak dan fosfat yang masih tinggi yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan. Maka, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi instalasi pengolahan air limbah dan mengusulkan redesain instalasi pengolahan air limbah di RS RK Charitas dengan pemakaian bahan pengolah limbah cair dan konsep yang berbeda dari yang dimiliki oleh RS RK Charitas sesuai dengan kondisi maupun jumlah air limbah yang akan diolah, yang layak secara teknis, ekonomis, dan memenuhi standar lingkungan.

Evaluasi instalasi pengolahan air limbah ini juga harus memperhatikan aspek teknis air limbah agar input bangunan, proses, output, dan *outcome* memenuhi standar lingkungan. Aspek ekonomi juga merupakan hal yang menentukan dalam penentuan pemilihan bahan kimia yang lebih murah dan fungsi yang sama dalam sistem pengelolaan air limbah. Biaya operasional unit pengolah limbah cair di rumah sakit dihitung berdasarkan kebutuhan biaya listrik dan biaya rutin perawatan fasilitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Dari standar lingkungan harus sesuai dengan syarat Badan Lingkungan Hidup (BLH).

2. METODE PENELITIAN

2.1. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Data yang dikumpulkan adalah data bahan-bahan kimia yang digunakan, dan data hasil laboratorium proses pengolahan limbah cair. Data ini dikumpulkan untuk meredesain IPAL Rumah Sakit RK Charitas dengan pemakaian bahan pengolahnya. Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan adalah mengenai proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan kriteria penanggulangan air limbah.

Setelah data didapatkan pada pengumpulan data, kemudian data diolah dengan rekayasa teknik (*value engineering*) dan standar BMCL. Rekayasa teknik ini digunakan untuk meredesain IPAL RS RK Charitas dengan pemakaian bahan pengolahan.

Selanjutnya adalah uji coba

dengan desain IPAL yang baru menggunakan maket supaya hasil dari uji coba bisa terlihat hasil proses redesain IPAL. Pada redesain ini juga bukan hanya maket dan proses yang dipertimbangkan, tapi juga jenis bahan kimia pengolah limbah cair yang terbaik.

2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit RK Charitas yang beralamat di Jalan Jendral Sudirman No. 1054, Palembang 30129.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji coba terhadap air limbah di RS RK Charitas dengan menggunakan zat kimia yang relatif murah, memperpendek jalur pada instalasi pengolahan air limbah, dan menurunkan kadar amonia dan fosfat yang masih tinggi dengan menggunakan *value engineering* yang direkomendasikan oleh Hutabarat (1995).

3.1. Fase Informasi

Air limbah cair di Rumah Sakit RK Charitas selalu diolah menjadi air bersih. Sumber air limbah berasal dari ruang perawatan, ruang poliklinik, ruang cuci, ruang persalinan, ruang laboratorium, ruang dapur, ruang bedah, dan ruang mayat. Air limbah diproses pertama kali yaitu di *primary tank* dengan ukuran bak 2,4 m x 1,9 m x 4 m, volume bak lebih kurang 18,2 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, bahan *primary tank* terbuat dari cor beton. *Primary tank* adalah tempat penampungan limbah cair dari bak kontrol atau air limbah yang masuk mula-mula melewati *screening*. Dari *primary tank* masuk ke *equalisasi tank* dengan ukuran bak 4,85 m x 3,95 m x 4 m, volume bak lebih kurang 76,6 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *primary tank* ke *equalisasi tank* 5 cm dan bahan *equalisasi tank* terbuat dari cor beton. *Equalisasi tank* berfungsi sebagai penampung debit air limbah yang masuk dan penampung macam-macam karakteristik/sifat air limbah yang berbeda-beda seperti pH tinggi dari laundry, lemak dari dapur dan limbah dari kamar mandi. Dari *equalisasi tank*

masuk ke dalam *clarifier tank* dengan ukuran bak 4 m x 2 m x 4 m, volume bak lebih kurang 32 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *equalisasi tank* ke *clarifier tank* 24,25 m dan bahan *clarifier tank* terbuat dari cor beton.

Pada *clarifier tank* ini, air limbah diaerasi untuk memberi kontak udara pada air dan berfungsi sebagai unit pemisah antara partikel-partikel atau padatan dengan air sehingga air limbah yang keluar dari *clarifier* sudah terpisah antara air dan padatannya. Kemudian masuk ke *buffer tank* dengan ukuran bak 1,8 m x 1,9 m x 4 m, volume bak lebih kurang 13,6 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *clarifier tank* ke *buffer tank* 5 cm dan bahan *buffer tank* terbuat dari cor beton. *Buffer tank* berfungsi sebagai bak penampung sementara, untuk selanjutnya dipompa ke dalam Biodetox dengan ukuran bak 4,4 m x 2,6 m x 2,1 m, volume bak lebih kurang 24 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *buffer tank* ke Biodetox 5 meter (m) dan bahan Biodetox terbuat dari *stainless*. Sistem ini mempunyai keunikan dalam aliran air dan desain rumah bakteri. Dari biodetox, proses berikutnya adalah ke *Chlorination Tank* dengan ukuran bak 1,5 m x 1,5 m x 5 m, volume bak lebih kurang 3,1 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak Biodetox ke *Chlorination Tank* 5 m dan bahan *chlorination tank* terbuat dari cor beton. Pada *chlorination tank* ini diinjeksikan kaporit yang berfungsi untuk mematikan kuman yang ada. Proses terakhir yaitu di Polishing Tank dengan ukuran bak 3,45 m x 1,75 m x 4 m, volume bak lebih kurang 24,2 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *chlorination tank* ke *polishing tank* 24,25 m dan bahan *polishing tank* terbuat dari cor beton. Polishing Tank berfungsi sebagai bak pengendapan terakhir sebelum masuk ke Treated Water Tank dengan ukuran bak 0,97 m x 0,80 m x 4 m dan volume bak lebih kurang 3,1 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak *polishing tank* ke *treated water tank* 20,8 m dan bahan *treated water tank* terbuat dari cor beton. Endapan yang berasal dari Clarifier Tank dan Polishing Tank ditampung di Sludge Tank dengan

ukuran bak 2,3 m x 2 m x 4 m dan volume bak lebih kurang 18,4 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak clarifier tank ke sludge tank 5 cm, kemudian jarak polishing tank ke sludge tank 5 cm dan bahan sludge tank terbuat dari cor beton. Pada sludge tank ini digunakan sistem Air Lift. Hasil pengolahan dari sludge tank akan dikembalikan ke primary tank, jarak sludge tank ke primary tank 5 cm, dan waktu tinggal air limbah selama 30 menit.

Treated Water Tank berfungsi sebagai tempat penampung sementara air limbah yang sudah memenuhi syarat BMCL, air pada Treated Water Tank akan dilakukan proses penyaringan karena masih terdapat partikel tersuspensi. Kemudian air masuk ke dalam saringan karbon atau filter dengan diameter 64 cm dan tinggi 120 cm, volume tangki lebih kurang 300 liter, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak treated water tank ke saringan karbon 5 meter, dan bahan saringan karbon terbuat dari besi baja. Filter ini berguna untuk memisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi yang paling halus dan berisikan media penyaring yang terdiri dari pasir kuarsa 40 cm, kerikil halus 15 cm, kerikil kasar 15 cm, dan karbon aktif 10 cm. Kemudian air masuk ke saringan *reazine* dengan diameter 64 cm dan tinggi 120 cm yang dilengkapi dengan sebuah tangki yang terbuat dari besi baja, volume tangki lebih kurang 300 liter, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak saringan karbon ke saringan *reazine* 1 meter, bahan saringan karbon terbuat dari besi baja. Tangki tersebut berisi larutan garam yang ditambahkan soda api, berfungsi untuk mencuci *reazine* dengan cara *backwash*. Hasil proses pengolahan limbah masuk ke Storage Tank (kolam) dengan ukuran diameter 500 cm dan tinggi 151 cm, volume bak lebih kurang 7 m³, waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak saringan *reazine* ke kolam 3 meter, Storage Tank berupa air yang sudah jernih. Air jernih di Storage Tank ada yang dibuang ke saluran umum dan ada yang diolah kembali ke Tabung Filter II dengan diameter 900 cm dan tinggi 1500 cm waktu tinggal air limbah selama 30 menit, jarak kolam ke Tabung Filter II 13 meter, bahan Tabung Filter II terbuat

dari besi baja. Tabung Filter II ini memiliki 2 tabung filter yang satunya berisi karbon semuanya dan satunya berisi reasin. Tabung Filter II yang berfungsi untuk menyaring air supaya lebih jernih lagi, sebelum air digunakan untuk air cuci pada laundry.

3.2. Fase Kreatif

Proses pengolahan air limbah di Rumah Sakit RK Charitas menggunakan zat-zat kimia yang mahal dan instalansi yang panjang. Maka peneliti merancang instalasi pengolahan air limbah di RS RK Charitas dengan pemakaian bahan pengolah limbah cair dan konsep yang berbeda dari yang dimiliki oleh RS RK Charitas sesuai dengan kondisi maupun jumlah air limbah yang akan diolah, sehingga dapat menurunkan kadar amonia dan fosfat yang masih tinggi di RS RK Charitas.

Air limbah diproses pertama kali di primary tank sebagai tempat menyaring partikel tersuspensi kasar/kotoran yang besar terbawa dalam air limbah agar tidak masuk ke proses equalisasi tank. Pada equalisasi tank dilakukan pengadukan untuk mencegah pengendapan padatan, timbulnya bau, dan dapat menurunkan konsentrasi total COD sebesar 10-20%. Dari equalisasi tank masuk ke dalam boidetox yang merupakan proses pengolahan air limbah dengan proses biakan bakteri dengan menggunakan media yang berbentuk sarang tawon. Kemudian air masuk ke chlorination tank yang berfungsi untuk mengkontakkan chlorine dengan air hasil pengolahan menggunakan kaporit untuk membunuh bakteri, tawas dapat menurunkan PO₄ dan zeolit dapat menurunkan NH₃. Fosfat (PO₄) bisa menimbulkan keracunan apabila tertelan dan iritasi kulit, sedangkan amonia (NH₃) dapat mengakibatkan iritasi saluran pernafasan sampai kerusakan paru-paru. Proses terakhir yaitu di Tabung Filter yang berisi media penyaring yang terdiri dari pasir, kerikil, zeolit dan karbon aktif yang berfungsi untuk menyaring partikel tersuspensi yang paling halus. Kemudian masuk ke Storage Tank sebagai tempat penampung air limbah yang sudah benar-

benar jernih dan akan disalurkan langsung ke kota dan laundry.

Dari alat pengolahan air limbah yang diusulkan, ada pengolahan air limbah rumah sakit yang tidak digunakan yaitu alat clarifier tank dan buffer tank, digantikan biodetox, sedangkan polishing tank dan treated water tank digantikan chlorination tank. Clarifier tank, buffer tank, polishing tank, treated water tank, hanya digunakan sebagai bak penampung sementara air limbah. Selama ini, filter di RS RK Charitas berjumlah 2, sedangkan pada penelitian ini jumlah filternya hanya 1 yang fungsinya sama dengan 2 filter. Hal ini dikarenakan saringan reasine pada tabung filter 1 yang berisi larutan garam dan soda api diganti dengan media karbon aktif.

3.3. Fase Analisis

Dalam penelitian ini, dari proses yang diusulkan hanya dilakukan 6 proses yaitu Primary Tank, equalisasi tank, Biodetox, chlorination tank, dan tabung filter. Proses pengolahan air limbah yang diusulkan bermula dari primary tank. Primer Tank berfungsi untuk mencegah sampah padat misalnya plastik, kaleng, kayu agar tidak masuk ke dalam unit pengolahan limbah berikutnya yaitu equalisasi tank. Air limbah dari equalisasi tank sebanyak 7,66 L dan ditambah dengan pompa oksigen dan pompa equalisasi. Equalisasi Tank yang berfungsi sebagai penampung debit air limbah yang masuk dan penampung macam-macam karakteristik/sifat air limbah yang berbeda-beda seperti: pH tinggi dari laundry, lemak dari dapur dan limbah dari kamar mandi. Selanjutnya dipompa masuk ke dalam Biodetox dan ditaruh pompa oksigen dan diberi sekat-sekat seperti sarang tawon untuk menghidupkan bakteri dan ditambah lumpur aktif. FBK-Bioreactor (Biodetox) merupakan sistem pengolahan limbah secara aerobik dengan menggunakan sistem *Fixed Bed Cascade*. Sistem ini mempunyai keunikan dalam aliran air dan desain rumah bakteri. Di biodetox ini kapasitas blower ditambah agar pertumbuhan bakteri aerob lebih cepat dan lebih banyak, sehingga kemampuan bakteri untuk menurunkan COD, BOD,

NH₃-bebas, dan TSS lebih maksimal. Dari biodetox proses berikutnya adalah di chlorination tank. Pada chlorination tank ini diinjeksikan kaporit yang berfungsi untuk mematikan kuman yang ada dan menetralkan pH air limbah dan ditambah tawas dan zeolit dapat menurunkan PO₄ dan NH₃. Kemudian air masuk ke dalam tabung filter yang berguna untuk memisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi yang paling halus dan menyaring air supaya lebih jernih lagi dengan bantuan media penyaring dengan volume 300 liter berupa zeolit, karbon aktif, pasir, dan kerikil. Hasil proses pengolahan limbah masuk ke Storage Tank (kolam) berupa air yang sudah jernih. Air jernih di Storage Tank ada yang dibuang ke saluran umum dan ada yang digunakan untuk air cuci pada laundry.

3.4. Fase Pengembangan

Dilihat dari hasil fase pengembangan, desain IPAL yang telah dirancang memiliki proses pengolahan air limbah yang lebih sederhana dari proses sebelumnya. Dari segi desain rancangan pengolahan air limbah, biaya pemakaian bahan kimia lebih kecil dibandingkan dengan pengolahan air limbah yang telah ada, walaupun biaya pemakaian bahan kimia untuk pengolahan air limbah lebih sedikit tetapi hasil dari proses pengolahan limbah cair yang lama dengan hasil usulan rancangan IPAL mendapatkan hasil yang sama bahkan lebih baik dari IPAL RS RK Charitas. Dari segi biaya, IPAL RS RK Charitas biaya pemakaian listrik sebesar Rp. 7.120.000,00 dalam satu bulan, sedangkan biaya pemakain bahan kimia untuk proses pengolahan air limbah di RS Charitas dalam satu bulan sebanyak Rp. 1.126.000,00. Untuk biaya perawatan jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan, misalnya kerusakan mesin pompa, pihak RS RK Charitas menyiapkan dana Rp. 400.000,00.

Sedangkan biaya proses rancangan IPAL yang baru, dilihat dari segi biaya pemakaian listrik membutuhkan dana dalam satu bulan Rp 6.720.000,00. Untuk biaya pemakaian bahan kimia dalam proses rancangan

pengolahan air limbah dalam satu bulan mengeluarkan dana sebanyak Rp. 535.000,00. Sedangkan biaya perawatan jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan, misalnya mesin pompa mengalami kerusakan, rancangan IPAL yang baru menyiapkan dana Rp. 300.000,00 dalam satu bulan.

Kelebihan dari proses pengolahan air limbah rancangan IPAL yang baru dengan yang sudah ada di RS RK Charitas yaitu proses pengolahan lebih sederhana, dilihat dari biaya pemakaian bahan kimia yang lebih sedikit tentu biayanya lebih hemat dibandingkan dengan yang sudah ada. Adapun kelemahan yang timbul dalam merancang IPAL, sampai saat ini belum didapatkan, namun jika rancangan IPAL ini sudah dijalankan dengan baik dapat terlihat kekurangan baik dari aspek teknis, ekonomis, dan hasil keluaran.

3.5. Rekomendasi

Di fase rekomendasi ini, redesain IPAL dapat diterapkan karena hasil keluaran proses pengolahan limbah sama baik dengan RS Charitas, bahkan lebih baik untuk keluaran NH_3 dan PO_4 . Proses pengolahan IPAL yang baru dapat diterapkan di RS RK Charitas tapi sangat tergantung kebijakan RS RK Charitas. Alternatif lain yang pernah diusulkan sebelumnya sudah dilaksanakan oleh RS RK Charitas, hasil keluaran pada tanggal 22 Januari 2013 terlihat hasil keluaran limbah RS RK Charitas. Hasil temperatur $27,5^\circ\text{C}$; pH 6,94; TSS 6,5 mg/l; COD 22,22 mg/l; NH_3 0,0074 mg/l; BOD_5 9,41 mg/l; PO_4 1,673 mg/l sudah memenuhi BMLC. Jadi, RS RK Charitas dapat menerapkan alternatif penambahan zeolit pada *chlorination tank* dan tabung filter. Rancangan IPAL baru dapat direkomendasi di rumah sakit yang baru dibuka atau rumah sakit lain yang belum mempunyai proses pengolahan limbah yang baik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan di RS RK Charitas adalah sebagai berikut:

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit yang diusulkan dari aspek teknis lebih sederhana

yaitu: *primary tank*, *equalisasi tank*, *biodetox*, *chlorination tank*, tabung filter, *storage tank*, *laundry* dan pembuangan ke saluran umum, sedangkan dari aspek ekonomis, biaya listrik Rp 6.720.000,00; biaya perawatan Rp 300.000,00; dan biaya pemakaian bahan kimia Rp 535.000,00; dan memenuhi standar Baku Mutu Limbah Cair (BMCL).

2. Redesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit menjadi lebih sederhana dan menghasilkan kualitas yang lebih baik dari proses pengolahan limbah cair di Rumah Sakit RK Charitas, dan memenuhi Baku Mutu Limbah Cair (BMCL) dari segi pH sebesar 7,18; TSS sebesar 19,7 mg/l; COD sebesar 10 mg/l; BOD_5 sebesar 1,90 mg/l; juga menurunkan NH_3 sebesar 0,01 mg/L dan PO_4 sebesar 1,8 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. 2008. Pengaruh Limbah Rumah Sakit Terhadap Kesehatan. FKUI. Depok.
- Djaja, I.M., Dwi, M.S. 2006. Gambaran Pengelolaan Limbah Cair di Rumah Sakit X Jakarta Februari 2006. Jurnal Makara-Kesehatan Vol. 10 No. 2, Desember 2006. Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Depok.
- Hutabarat, J. 1995. Diktat Rekayasa Nilai (Value Engineering). ITN. Malang.
- Noviratri, S. 2013. Studi Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dalam Menurunkan Kadar Amonia dan Fosfat Air Limbah di Rumah Sakit RK Charitas. Jurusan Teknik Industri STT Musi. Palembang.
- Widayat, W., Nusa I.S. 2005. Rancang Bangun Paket IPAL Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Kapasitas 20-30 m^3 per Hari. JAI Vol. 1 No. 1. BPPT. Jakarta.